

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Oběhové mazání s progresivními rozdělovači

The circulating lubrication with progressive distributors

Student:

Tomáš Hanko

Vedoucí bakalářské práce:

Dr. Ing. Lumír Hružík

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Hanko**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Oběhové mazání s progresivními rozdělovači**
The Circulating Lubrication with Progressive Distributors

Zásady pro vypracování:

1. Uveďte způsoby mazání a druhy mazacích systémů.
2. Popište současný stav oběhového mazání s progresivními rozdělovači papírenského stroje.
3. Navrhněte úpravu mazacího systému při zvýšených provozních parametrech.

Seznam doporučené odborné literatury:

BEČKA, J. *Tribologie*. Praha: ČVUT Praha, 1997. 211 s. ISBN 80-01-01621-8.
NEVRLÝ, J., PAVLOK, B. *Metodika návrhu větvených mazacích obvodů s podporou moderních výpočetních systémů: Závěrečná zpráva ke grantovému úkolu GAČR 101/98/0946*. Brno: VUT Brno, 2000. 267 s.
ŠTÁVA, P., PAVLOK, B. *Mazací technika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 76 s. ISBN 80 – 248 – 1000 – X.
WILL, D.; GEBHARDT, N. *Hydraulik Grundlagen, Komponenten, Schaltungen*. 4. vyd. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2008. 450 s. ISBN 978-3-540-79534-6.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Dr.Ing. Lumír Hružík**

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jaroslav Špaček

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010

doc. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), v znění pozdějších předpisů. Bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě.....

.....
Tomáš Hanko

Karla Sedláka 1223
784 01, Litovel

Tímto bych chtěl poděkovat panu Dr. Hružíkovi a panu Ing. Špačkovi za velmi ochotnou pomoc a cenné rady při psaní mé bakalářské práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HANKO, T. Oběhové mazání s progresivními rozdělovači. Ostrava: katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010, 43 s.

Bakalářská práce, vedoucí: Dr. Ing. Hružík, L.

Tato bakalářská práce se zabývá oběhovým mazáním s progresivními rozdělovači. Cílem této bakalářské práce je uvést způsoby mazání a druhy mazacích systémů, popsat současný stav oběhového mazání s progresivními rozdělovači papírenského stroje a navrhnout mazací systém pro zvýšené provozní parametry.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Mazací systém, Progresivní rozdělovače, Hydrogenerátor, Papírenský stroj, Mazaná místa, Oběhové mazání

ANNOTATION OF THESIS

HANKO, T. The circulating lubrication with progressive distributors. Ostrava: Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2010, 43 p.

Thesis, head: Dr. Ing. Hružík, L.

This thesis deals with the progressive circulatory lubrication manifold. The aim of this thesis is to introduce ways of lubrication and types of lubrication systems, describe the current state of circulation lubrication with progressive distributor of paper machine design and lubrication system for increased operating characteristics.

KEY WORD:

Lubrication System, Progressive distributor, Pump, Paper machine, Lubricated points, Circulating lubrication

Obsah bakalářské práce

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

1. ÚVOD.....	2
2. ZPŮSOBY MAZÁNÍ A MAZACÍCH SYSTÉMŮ.....	3
2.1 Individuální mazání.....	3
2.2 Centrální mazací systémy.....	5
2.2.1 Jednopotrubní centrální mazací systém.....	8
2.2.2 Dvoupotrubní centrální mazací systém.....	9
2.2.3 Vícepotrubní centrální mazací systém.....	10
2.2.4 Škrtkící centrální mazací systém.....	10
2.2.5 Progresivní centrální mazací systém.....	10
3. POPIS SOUČASNÉHO STAVU OBĚHOVÉHO MAZÁNÍ S PROGRESIVNÍMI ROZDĚLOVAČI PAPIRENSKÉHO STROJE.....	18
4. NÁVRH ÚPRAVY MAZACÍHO SYSTÉMU PŘI ZVÝŠENÝCH PROVOZNÍCH PARAMETRECH	23
4.1 Návrh progresivních rozdělovačů.....	23
4.2 Návrh elektromotorů pro mazací systém.....	34
5. ZÁVĚR.....	39
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	40
SEZNAM PŘÍLOH.....	43

Seznam použitého značení

[illegible]

1. ÚVOD

Při pohybu dvou součástí vzniká v dotykových místech tření, které má za následek opotřebení součástí a také teplo, které rozměrově ovlivňuje strojní součásti tak, že může dojít k zablokování pohybu součástí a k jejich destrukci. Tyto a další problémy se snaží vyřešit mazání.

Do mazaného místa je potřeba postupně dopravovat nové mazivo, aby se doplnil jeho úbytek a staré mazivo se vytěsnilo i s nečistotami ven. Ve více jak 50 % procentech jsou nejčastějšími příčinami poruch, které souvisí s mazáním, nevhodné mazání a znečištění pracovní kapaliny. Množství maziva, které se dopravuje do mazaného místa, závisí na konstrukčních parametrech, a také na relativní rychlosti posuvného nebo valivého pohybu, velikosti a typu zatížení, tepelném a jiném provozním zatížení. Proto je nejlepším řešením dodávat mazivo v takovém množství, jaké vyžaduje aktuální provozní stav. V praxi se skoro ve všech případech využívá mazání v tzv. mazacích cyklech, které dávkuje předem dané množství maziva. Mezi těmito mazacími cykly se mazivo spotřebovává. Menší množství dodávaného maziva nám způsobuje nedostatečné mazání, a dochází k většímu opotřebení součástí a tedy k jejich menší životnosti, popřípadě k jejich již zmiňované destrukci. Při nadbytečných dávkách maziva do mazacího místa, dochází k přemazávání a u větších relativních rychlostí hrozí přehřátí ložiska s následným zadřením, dále má přemazávání za následek větší spotřebu maziva a větší ekologickou zatížitelnost [22], [23], [24].

Optimálním řešením je tedy automatické mazání systému, které nám dávkuje dané množství maziva v určitých časových prodlevách. Způsobů automatického mazání je hned několik, které budou uvedeny posléze. Tato bakalářská práce se bude ale především zabývat oběhovým centrálním mazacím systémem s progresivními rozdělovači, kde bude popsán současný stav daného centrálního mazacího systému na konkrétním případu, a to na sušící části papírenského stroje. V centrálním mazacím systému je použit průmyslový převodový olej.

2. ZPŮSOBY MAZÁNÍ A DRUHY MAZACÍCH SYSTÉMŮ

2.1 Individuální mazání

Nejjednodušší způsob mazání. Olej nebo plastické mazivo se dopravuje do mazacích míst ručně nebo automaticky pomocí prvků nebo mazacích zařízení:

- mazací hlavice (ploché, kulové, polokulové, trychtýřové, bajonetové)
- mazací zátky – zejména pro promazávání obráběcích strojů olejem
- mazací lisy – mohou být přitlačné nebo pákové. Dopravování maziva pod tlakem.
- promazávací přístroje - jsou to čerpadla s vlastním elektromotorem a zásobníkem maziva. Vlastní mazání se provádí pistolí.
- kapací maznice – založeny na principu gravitace tzn., že nevyvíjejí žádný tlak
- pružinové maznice – mazivo je dopravováno pod malým tlakem vlivem pružiny
- maznice typu „SIMALUBE“ – pro mazání tuky do třídy konzistence NLGI 2. Fungují na principu chemické reakce. Pevná látka v patroně se mění na plyn, jehož důsledkem je vytlačení maziva z maznice.
- brodivé maznice
- knotové maznice
- stříkácí olejnice – pro snadno přístupná místa
- Staufferovy maznice – otáčením víčka se zmenšuje objem zásobníku a tím následuje vlastní mazání

Výhody individuálního mazání

- jednoduchá konstrukce
- minimální ekonomická náročnost

Nevýhody individuálního mazání

- možné opomenutí mazacího místa
- není možné dosáhnout přesné dávky maziva
- fyzická náročnost
- horší hygiena
- minimální ekologičnost
- promazávání při co nejmenším zatížení prvků třecích dvojic [5].

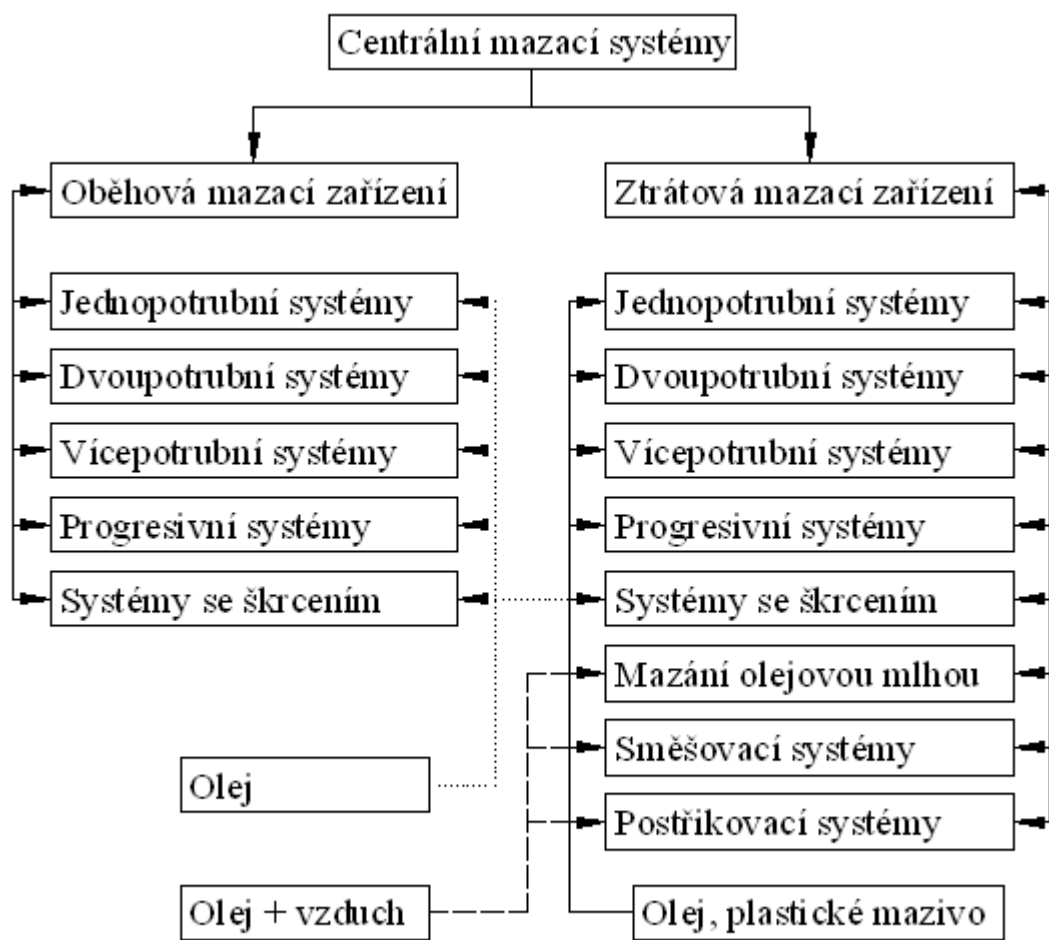
2.2 Centrální mazací systémy

Zařízení, které rozděljuje proud maziva k mazaným místům, kde se vyskytuje nežádoucí tření, v daném množství a v daném čase. Jako mazivo může být olej nebo plastické látky většinou do konzistence třídy 3 dle NLGI, které se dopravuje pod tlakem.

Používají se pro mobilní stroje, pro stacionární stroje i pro skupiny stacionárních strojů nebo strojních linek.

Hlavní rozdělení CMS se určuje podle počtu tlakových potrubí mezi zdrojem tlakového maziva a mazacími prvky. CMS můžeme dále dělit podle různých hledisek na:

- CMS oběhové a ztrátové
- CMS pro plastická maziva nebo mazací oleje
- CMS pro jedno, dvě či více mazaných míst
- CMS s pohonem zdroje tlakového maziva ručním, mechanickým, elektrickým [8].



Obr. 2.1 Schematické rozdělení centrálních mazacích systémů [3]

Základní prvky centrálních mazacích systémů:

- zdroj tlakového maziva
- rozdělovací a dávkovací prvky
- ovládací, řídicí a kontrolní prvky
- rozvodné porubí
- příslušenství mazacích systémů

Výhody centrální mazacích systémů:

- zvýšení produktivity (delší životnost stroje, automatické mazání stroje za chodu, redukuje dobu a počet odstávek)
- klesají náklady na opravy a kontroly vzhledem k přesnému dodržení optimálních provozních stavů zvláště u vysoce zatížených ložisek
- mazání těžce přístupných míst, žádné mazané místo nemůže být opomenuto
- klesá opotřebení vlivem automatického mazání, nedochází k nedostatečnému mazání nebo k přemazání
- CMS systémy jsou prakticky bezúdržbové, údržba se sestává většinou jen z plnění zásobníku maziva a příležitostně kontroly mazaných míst
- menší spotřeba maziva v porovnání s ručním mazivem, nedochází k již zmiňovanému přemazávání
- šetrnost k životnímu prostředí díky minimalizaci množství maziva
- větší bezpečnost práce a hygiena [6].

2.2.1 Jednopotrubní mazací systém

Jednopotrubní systémy jsou jednoduché a levné, užívají se jak pro mazání oběhové tak ztrátové. Slouží k mazání strojů a strojních zařízení od několika až do cca 100 mazacích míst. Jsou navrženy pro dávkování maziva do mazaných míst v relativně malém množství v závislosti na jejich spotřebě. Systémy pracují přerušovaně tj. v mazacích cyklech.

Umožňují změnu počtu mazacích míst. Dávkovací rozsah pro jedno namazání (1cyklus) je 0,01 až 0,16 cm^3 . Velikost dávkování lze zvolit pro každé mazané místo na jeden mazací cyklus (zdvih dávkovače). Mazání se provádí olejem nebo plastickými mazivy do třídy konzistence 000, 00 nebo 0 dle NLGI.

Čerpadlo dodává hlavním vedením mazivo ze zásobníku k pístovým dávkovačům. K dopravě maziva se používají ruční, elektrická zubová, nebo pneumatická pístová čerpadla vybavená odlehčovacím ventilem. Hlavní rozvod je realizován jedním trubkovým vedením. K hlavní větvi jsou připojeny jednopotrubní dávkovače z kterých je mazivo přímo vedeno do mazaného místa. Na konci rozvodu maziva je umístěn tlakový spínač. Dávkovače jsou aktivovány natlakováním vedení maziva a jeho následným odtlakováním přes odlehčovací ventil zpět do zásobníku čerpadla. Tlakový spínač slouží ke kontrole dosaženého tlaku v celém vedení. Ty dávkují mazivo a následně jej dopravují vedlejším vedením do mazaných míst [1], [3], [7], [8].

2.2.2 Dvoupotrubní mazací systém

Pro dvoupotrubní systém je typické, že hlavní rozvod maziva je tvořen dvěma paralelně položenými trubkami. Slouží především k mazání rozsáhlých strojů a zařízení s velkým počtem mazaných míst (1000 i více) ve velké vzdálenosti (až 100 m) od čerpadla. Vysoká spolehlivost mazání díky vysokému pracovnímu tlaku až 400 bar. Tento systém lze použít pro oleje a plastická maziva do konzistence NLGI 2.

Základním prvkem systému je dvoupotrubní dávkovač, který je vhodný pro rozsáhlejší systémy zapojovat paralelně než sériově kvůli menším tlakovým ztrátám. Dávkovací rozmezí pro jedno namazání (cyklus) je 0,025 až 15 cm^3 .

Mazivo, které je dopravováno potrubím přesouvá zvyšujícím se tlakem píšťky v dávkovačích. Tyto píšťky vytlačují mazivo z dávkovače do mazaného místa a zároveň se přesunují do opačné polohy. Jakmile se přesunou všechny píšťky v dávkovačích, začne v potrubí narůstat tlak. Tento nárůst tlaku zaznamená tlakový spínač, který bývá obvykle u nejvzdálenějšího dávkovače. Tlakový spínač vydá impuls a dojde k přestavení rozvaděče do druhé polohy a po té je dodáváno mazivo mazacím přístrojem do druhé větve hlavního rozvodného potrubí. Tlak se neustále v hlavních rozvodných potrubích neustále střídá [1], [3], [9].

2.2.3 Vícepotrubní mazací systém

Pro tento systém je typické to, že zdroj tlakového maziva, kterým je vícevývodové čerpadlo s 1 až 36 vývody dle konstrukce, je přímo spojen potrubím až k mazanému místu. Proto tedy na rozdíl od jiných CMS nedochází k tlakovým ztrátám na dávkovačích nebo rozdělovačích. Mazání se provádí až pro cca 60 mazacích míst do vzdálenosti 20 až 40 metrů od mazacího přístroje. Počet mazacích míst můžeme navyšovat použitím progresivních rozdělovačů až do cca 200. Množství maziva je dáno nastavením příslušného čerpacího prvku [1], [3].

2.2.4 Škrťací centrální mazací systém

Jedná se o mazací systém, kde je průtok maziva rozdělován k jednotlivým mazaným místům. Samotné rozdělování průtoku může být za použití škrťacích ventilů se stabilizací, škrťacích ventilů s průtokoměrem nebo progresivními rozdělovači. Pro každé mazané místo je možné nastavit velikost průtoku a také je tu možnost změny počtu mazacích míst. Mazání se u tohoto systému provádí až do cca 200 mazacích míst [13], [14].

2.2.5 Progresivní mazací systémy

Progresivní CMS se používá k mazání strojů a strojních zařízení s cca 100 i více místy do vzdálenosti několik desítek metrů od mazacího přístroje. Mazací přístroj dodává maziva rozvodným potrubím k progresivním rozdělovačům. Mazací látka může být olej nebo plastické mazivo do třídy konzistence NLGI 2.

Základním prvkem u progresivních mazacích systémů je progresivní rozdělovač. Progresivní rozdělovače obsahují pístky, které dávkují mazivo do mazacího místa jeden za druhým - progresivně. A to tak dlouho, dokud je do rozdělovače přiváděno mazivo. Dávkovací rozmezí pro jedno namazání bývá od 0,05 do 5 cm^3 na zdvih. Maximální pracovní tlak 30 MPa, maximální zdvihová frekvence 200 min^{-1} . Počet zdvihů je dán množstvím maziva vstupujícího do rozdělovače. Zdvihová frekvence souvisí také s životností rozdělovače. Čím je tato frekvence nižší, tím vyšší má rozdělovač životnost. Jejich součástí nejsou žádné těsnicí prvky a ani pružiny což je důvodem pro jejich vyšší životnost a spolehlivost. Progresivní rozdělovače se konstruují až s cca 24 vývody a

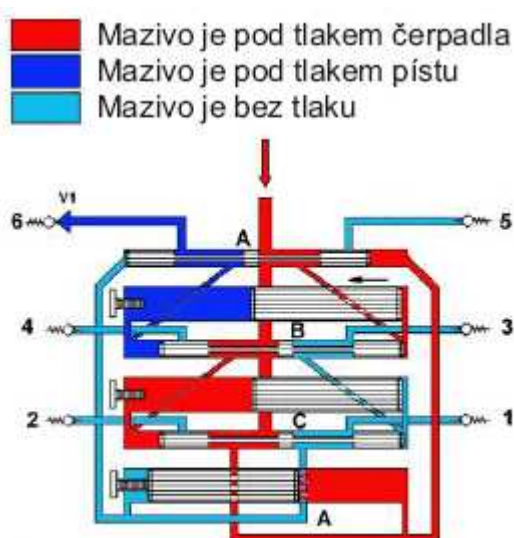
jednotlivé dávky maziva se dají sdružovat. U progresivního rozdělovače je možnost jednoduché kontroly jeho chodu pohybu pomocí kontrolního kolíku jednoho z pístů rozdělovače a to buď vizuálně, nebo elektronicky [1], [3], [11], [12], [16], [26].

Princip funkce progresivního rozdělovače SSVD uveden v [15]

Jedná se o popis pístového rozdělovače, který je uvažován (bude použit) v návrhu centrálního mazacího systému po navýšení parametrů u papírenského stroje. Tento typ rozdělovače má funkci v systému jako podřazený.

Každý řídicí pístek má k sobě přiřazen paralelně dávkovací pístek. Množství dávky se nastavuje pomocí dávkovacích šroubů, které způsobí změnu zdvihu dávkovacího pístku.

Fáze 1

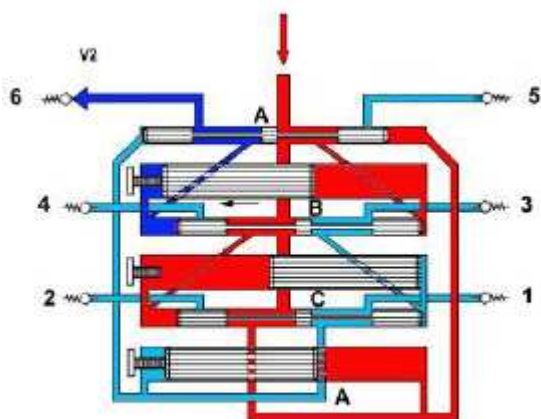


Obr. 2.2 Progresivní rozdělovač – fáze 1

Tlak maziva působí nahoře (červená šipka) v rozdělovači maziva a projeví se na pravém konci řídicího pístu B a dávkovacím pístu B.

Tlak maziva pohybuje z důvodu většího příčného průřezu nejdříve dávkovacím pístem B (černá šipka) doleva a dodává mazivo nacházející se vlevo od dávkovacího pístu B k výstupu 6 (V1).

Fáze 2

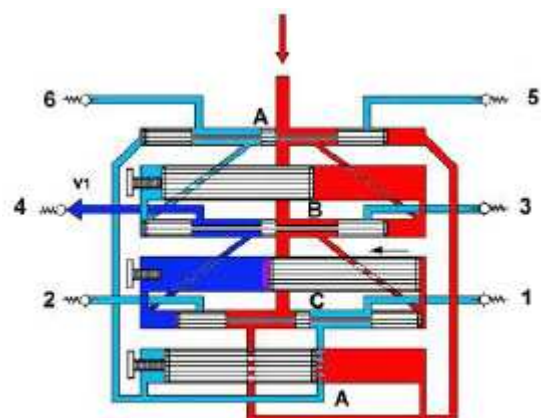


Obr. 2.3 Progresivní rozdělovač – fáze 2

Dosáhne-li dávkovací píst B své levé koncové polohy, pohne tlak maziva řídicím pístem B doleva (černá šipka) a mazivo nacházející se vlevo od řídicího pístu B dodatečně dodá k výstupu 6 (V2).

Celkové množství na výstupu 6 je dávka dávkovacího pístu B a řídicího pístu B ($V1+V2$).

Fáze 3



Obr. 2.4 Progresivní rozdělovač – fáze 3

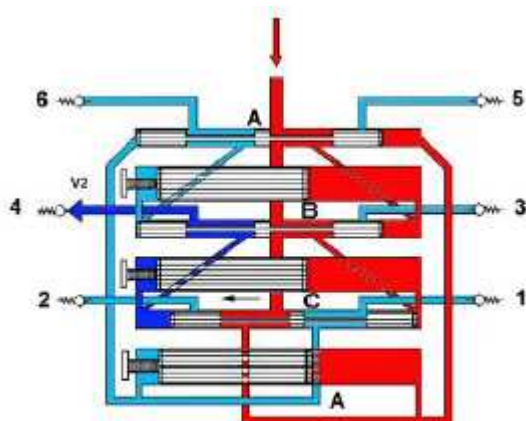
Ve fázi 3 dosáhl řídicí píst B své levé koncové polohy.

Tím se otevře spojovací kanál k pravému konci řídicího pístu C a dávkovacího pístu C.

Tlak maziva působí nyní na pravém konci řídicího pístu C a dávkovacího pístu C.

Tlak maziva pohybuje z důvodu většího příčného průřezu nejdříve dávkovacím pístem C (černá šipka) doleva a dodá mazivo, nacházející se vlevo od řídicího pístu k výstupu 4 (V1).

Fáze 4

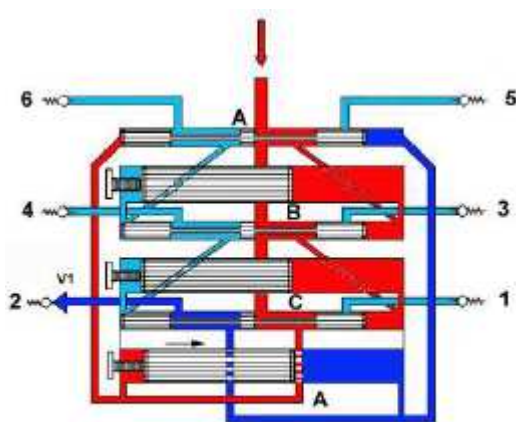


Obr. 2.5 Progresivní rozdělovač – fáze 4

Dosáhne-li dávkovací píst C své levé koncové polohy, pohne tlak maziva řídícím pístem C doleva (černá šipka) a mazivo nacházející se vlevo od řídícího pístu C dodatečně dodá k výstupu 4 (V2).

Celkové množství na výstupu 4 je dávka dávkovacího pístu C a řídícího pístu C ($V_1 + V_2$).

Fáze 5



Obr. 2.6 Progresivní rozdělovač – fáze 5

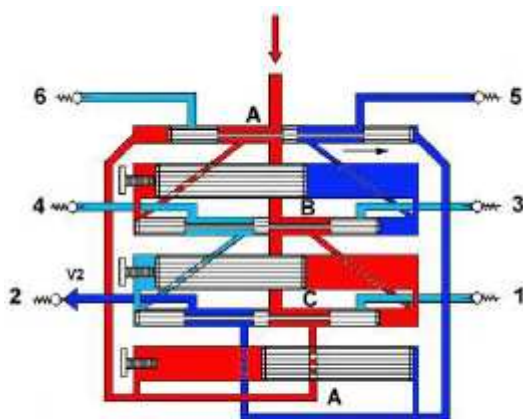
Ve fázi 5 dosáhl řídící píst B své levé koncové polohy.

Tím otevře spojovací kanál k levému konci řídícího pístu A a dávkovacího pístu A.

Tlak maziva působí nyní na levém konci řídícího pístu A a dávkovacího pístu A.

Tlak maziva pohybuje z důvodu většího příčného průřezu nejdříve dávkovacím pístem A (černá šipka) doprava a dodává mazivo, nacházející se vpravo od dávkovacího pístu k výstupu 2 (V1).

Fáze 6

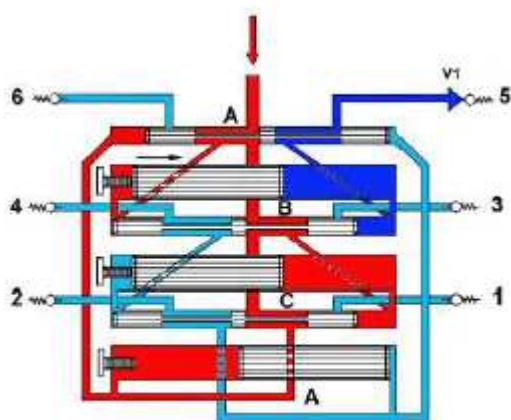


Obr. 2.7 Progresivní rozdělovač – fáze 6

Dosáhne-li dávkovací píst A své pravé koncové polohy, pohne tlak maziva řídícím A doprava (černá šipka) a dodá mazivo nacházející se vpravo od řídícího pístu C dodatečně k výstupu 2 (V2).

Celkové množství na výstupu 2 je dávka dávkovacího pístu A a řídícího pístu A ($V_1 + V_2$)

Fáze 7



Obr. 2.8 Progresivní rozdělovač – fáze 7

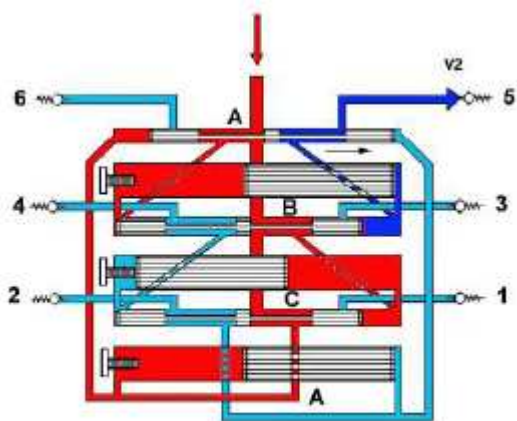
Ve fázi 7 dosáhnul řídící píst A své pravé koncové polohy.

Tím otevře spojovací kanál k levému konci řídícího pístu B a dávkovacího pístu B.

Tlak maziva působí nyní na levém konci řídícího pístu B a dávkovacího pístu B.

Tlak maziva pohybuje z důvodu většího příčného průřezu nejdříve dávkovacím pístem B (černá šipka) doprava a dodává mazivo, nacházející se vpravo od dávkovacího pístu k výstupu 5 (V1).

Fáze 8



Obr. 2.9 Progresivní rozdělovač – fáze 8

Dosáhne-li dávkovací píst B své pravé koncové polohy, pohne tlak maziva řídícím pístem B doprava (černá šipka) a dodá mazivo nacházející se vpravo od řídícího pístu B dodatečně k výstupu 5 (V2).

Celkové množství na výstupu 5 je dávka dávkovacího pístu B a řídícího pístu B ($V1+V2$).

Fáze 9 až 12:

V další fázi dodávky se dávkovací a řídící písty C pohybují zleva doprava (fáze 9 a 10) a dávkovací a řídící písty A zprava doleva (fáze 11 a 12). Tímto je kompletní oběh maziva ukončen.

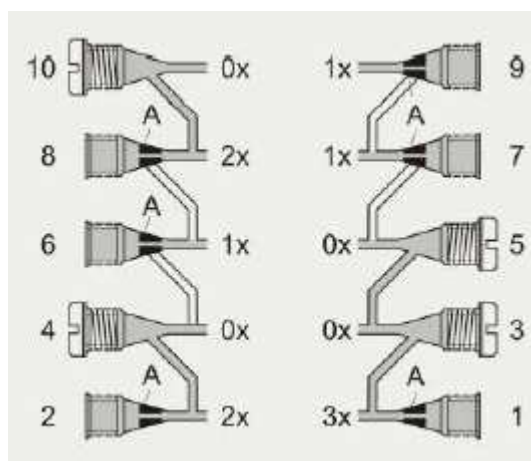
Písty se nyní nacházejí ve fázi 1. Postup se opakuje tak dlouho, dokud je do rozdělovače přiváděno mazivo.

Hlídání funkce u progresivních rozdělovačů

Funkci progresivního rozdělovače můžeme kontrolovat buďto vizuálně tak, že sledujeme pohyb kontrolního kolíku, anebo pomocí elektrického bezkontaktního snímače, který reaguje na pohyb pístku a v případě poruchy nahlásí chybu.

Sdružování dávek u progresivních rozdělovačů

Když nahradíme výstupní šroubení zaslepovací zátkou, dojde k otevření vnitřního propojovacího kanálku a následkem toho se příslušná dávka maziva přidruží k dávce vývodu, který následuje v pořadí (8→6, 6→4, ...). Tím dojde ke zdvojnásobení dávky daného vývodu. V případě kdy použijeme zaslepovací zátku u dvou po sobě jdoucích vývodů, vznikne u následujícího vývodu trojnásobná dávka maziva. Nejvzdálenější vývody (č.1 a č.2) od vstupu maziva do rozdělovače nesmí být nikdy zaslepeny, jinak se celý rozdělovač zablokuje [15].

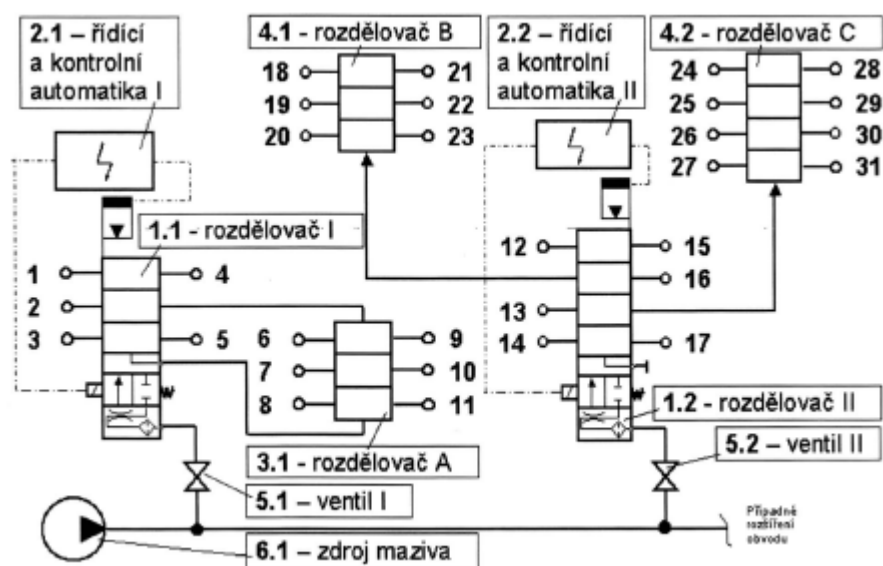


Obr 2.10 Příklad zaslepení vývodů [15]

Způsoby zapojování progresivních rozdělovačů v CMS

Sériově - progresivní rozdělovače jsou řazeny za sebou (viz obr. 2.10 pravá větev systému). Nejčastěji používané uspořádání. Používá se především pro jednoduchou kontrolu dodávky maziva.

Paralelně - progresivní rozdělovače jsou řazeny vedle sebe (viz obr. 2.10 levá větev systému). Tímto propojením jsou nutná určitá konstrukční provedení progresivních rozdělovačů, která umožňují jejich propojení. Při tomto zapojení se nesčítají tlakové ztráty na jednotlivých rozdělovačích.



Obr. 2.11 Schéma progresívneho CMS s kombinovaným (skupinové + paralelné/sériové) zapojením [16]

3. POPIS SOUČASNÉHO STAVU OBĚHOVÉHO MAZÁNÍ S PROGRESIVNÍMI ROZDĚLOVAČI PAPIRENSKÉHO STROJE

Jedná se o centrální oběhové mazání sušící části papírenského stroje. Konkrétně o mazání ložisek válců, po kterých putuje papír, a který se během tohoto procesu vysouší. Dále probíhá mazání mezikol a převodových skříní.

Mazání se provádí do nejbližších míst umístěných ve vzdálenosti 15 metrů od hydrogenerátoru až po místa nejvzdálenější, která se nachází 55 metrů od hydrogenerátoru. Počet mazaných míst tohoto mazacího systému je 103.

Mazací systém se skládá z jednoho hlavního agregátu a dvou přečerpávacích agregátů, které zachycují vracející se olej z mazaných míst a dále tento olej přečerpávají zpět do hlavního agregátu. Všechny agregáty mají zubové hydrogenerátory s vnějším ozubením, které jsou poháněny elektromotory o výkonech 3 kW s výjimkou výtlačného zubového hydrogenerátoru, který je poháněn elektromotorem o výkonu 2,2 kW. Přečerpávací hydrogenerátory jsou poháněny dvoupólovými elektromotory, a výtlačný hydrogenerátor je poháněn čtyřpólovým elektromotorem. V systému jsou použity jak u hlavního, tak u přečerpávacího agregátu hydrogenerátory s geometrickým objemem $10,8 \text{ cm}^3$.

Původně u přečerpávacích agregátů nebyly zabudovány pojistné ventily. Praxe však ukázala, že pokud docházelo k přečerpávání vratného oleje z obou přečerpávacích agregátů současně, došlo v místě, kde se spojuje výtlačná větev prvního přečerpávacího agregátu s výtlačnou větví druhého přečerpávacího agregátu, ke sloučení těchto dvou průtoků do jedné, bohužel poddimenzované trubky světlosti DN13. Tato světlost je však stejná jako u obou výtlačných rozvodů od přečerpávacích agregátů. Toto mělo za následek výrazný nárůst odporu v systému, a tím přetěžování elektromotorů, které vedlo až k „vyhození“ jističů. K tomuto nežádoucímu jevu docházelo vždy při nájezdu papírenského stroje po jeho odstavení, kdy teplota olejové náplně klesla ke 40°C . Dnes už jsou u těchto agregátů zabudovány pojistné ventily, které této situaci zabraňují.

Olej je dopravován z hlavního agregátu do primárních progresivních rozdělovačů typu VPX, kterých je celkem 7, přes tzv. kostku. Kostka je součást, která slouží pouze k rozdělení průtoků do několika směrů. Primární rozdělovače slouží k prvotnímu dělení mazacího oleje směrem k sekundárním rozdělovačům typu VP. Před každým primárním rozdělovačem je řazen škrtící ventil pro regulaci množství maziva vstupujícího do tohoto

rozdělovače. Na posledním modulu každého primárního rozdělovače je umístěn indukční snímač cyklů, který nám kontroluje funkci rozdělovače tak, že snímá počet sepnutí za minutu (7x). Při snížení počtu sepnutí nebo při zastavení pohybu rozdělovače nám elektronický systém nahlásí závadu, kterou má obsluha papírenského stroje možnost sledovat. Ze sekundárních rozdělovačů je veden olej už přímo k mazaným místům v přesných dávkách. Pokud dojde k zastavení pístku v kterémkoliv sekundárním rozdělovači, tak se stane to, že olej nebude z daného rozdělovače odtékat. A tím pádem i z primárního rozdělovače nebude mít olej možnost odtékat a dojde k zastavení celé sekce mazacího okruhu. Indukční snímač zaznamená, že došlo k zastavení funkce rozdělovače a dojde k poruchové signalizaci. Po uplynutí asi 5 minut dojde k zastavení pohonu sušící části papírenského stroje.

V okruhu centrálního mazacího systému se používá průmyslový převodový olej Texaco Pinnacle EP 220. Olej je ze systému mazaných míst sveden pomocí beztlakového spádového vedení do přečerpávacích agregátů.

Převodový olej Texaco Pinnacle EP 220

Průmyslový převodový olej na bázi PAO (polyalfaolefinů) a polyolesterů, vhodné pro mobilní a průmyslová zařízení vystavená vysokým zátěžím, vysokým teplotám či vlhkosti. Charakteristický výbornými mazacími, vysokotlakými, protioděrovými a protikorozními vlastnostmi, s ochranou proti pění a oxidaci. Mají vynikající deemulgační schopnost, která zajišťuje plynulý provoz i v případě znečištění soustavy vodou. Stupeň zatížení FZG > 12 [17], [18], [19].

Parametry převodového oleje:

Kinematická viskozita pro 40°C.....	209	$mm^2 \cdot s^{-1}$
Kinematická viskozita pro 100°C.....	24,6	$mm^2 \cdot s^{-1}$
Viskozitní index.....	147	
Bod vzplanutí.....	270 °C (518 °F)	
Bod tuhnutí.....	-31 °C (-35 °F)	

[20]

Během odstávky, kdy se teplota kapaliny výrazně sníží a viskozita zvýší, vznikají velké tlakové ztráty, které mohou způsobit pomalý chod oběhového cyklu centrálního mazání nebo dokonce jeho zastavení. Vysoká viskozita může způsobit, že kapalina nebude nasáána hydrogenerátorem [28].

Dodávka mazacího oleje však může být dočasně přerušena rovněž nedostatečně rychlým odtokem oleje z jednotlivých mazaných míst do přečerpávacích agregátů, které včas nedopraví potřebný olej do agregátu výtlačného. Ten proto nemá z tohoto důvodu možnost nasávat žádný olej, dokud není přečerpávacím agregátem dodán do hlavního výtlačného agregátu.

Vyšší teplotu kapaliny nám zajišťují topná tělesa umístěná v nádržích centrálního mazacího systému. K ohřevu kapaliny také dochází, pokud kapalina proudí přes pojistné ventily, které se otevřou vlivem vysokého tlaku. Jakmile se kapalina ohřeje, klesne tlak, pojistné ventily se uzavřou a kapalina začne proudit do systému.

Hydrogenerátory Vivoil XV-2P/11

Parametry výtlačného a přečerpávacích hydrogenerátorů:

Maximální tlak.....	300 bar
Minimální otáčky.....	700 min ⁻¹
Maximální otáčky.....	3500 min ⁻¹
Minimální operační viskozita.....	10 mm ² · s ⁻¹
Maximální operační viskozita.....	100 mm ² · s ⁻¹
Maximální přípustná viskozita při rozběhu.....	1500 mm ² · s ⁻¹
Doporučená viskozita.....	20 – 100 mm ² · s ⁻¹
Teplota okolí.....	-20 – 60 °C
Provozní teplota tekutiny.....	-15 – 80 °C
Doporučená provozní teplota tekutiny.....	30 – 50 °C
Požadovaná filtrace vstupní kapaliny.....	30 – 60 mikronů
Max. rychlost kapaliny na vstupu.....	3 – 5,5 m · s ⁻¹
Max. rychlost kapaliny na výstupu.....	0,5 – 1,5 m · s ⁻¹

[21]

Hlavní agregát - (schéma hlavního agregátu je znázorněno v příloze č.2)

Nádrž má celkový objem o velikosti 630 l. Je dělená na 2 části, které jsou rozděleny přepážkou a to na část vratnou (vlevo), kam se kapalina vrací ze systému přes magnetický separátor a na část výtlačnou (vpravo) z které se kapalina dopravuje do systému až k mazaným místům. Ve vratné části nádrže dochází k ustálení kapaliny, k odloučení vody od oleje, hrubých nečistot a vzduchu. Jakmile se tato část nádrže naplní do takové výšky, aby sepnul plovákový spínač 6 elektromotor přečerpávacího hydrogenerátoru 11, dojde k přečerpání dosaženého množství kapaliny přes přepad do výtlačné části nádrže přes filtr a přes vzduchový chladič s ventilátorem, který je poháněn elektromotorem. Ventilátor se v případě potřeby uvede do provozu pomocí termostatu.

Ve výtlačné části nádrže jsou umístěny topné těleso 10 a termostat 7, které zajišťují provozní teplotu oleje. Poté se olej dostává z výtlačné části nádrže pomocí výtlačného hydrogenerátoru do systému skrz duplexní (dvojitý) tlakový filtr 20, který filtruje olej před vstupem do systému. Jelikož se jedná o duplexní filtr, lze filtrační vložku (20 μ m) vyměnit či v krajním případě vyčistit i za provozu, když přepneme kulovým ventilem do funkčního provozu druhou čistou filtrační vložku.

Jak vratná část nádrže, tak i výtlačná část mají kruhové otvory na boční straně nádrže, které slouží k čištění, kontrole a údržbě. Tyto otvory jsou zakryté tzv. servisními víky.

Hlavní agregát je konstruován tak, že nemůže dojít k přetečení nádrže ani k vyčerpání oleje.

Přečerpávací agregát – (schéma přečerpávacího agregátu je znázorněno v příloze č.3)

Nádrž má celkový objem o velikosti 160 l. Do této nádrže se olej pomocí vratného potrubí vrací ze systému.

Množství oleje v nádrži je hlídáno plovákovým snímačem, který v případě, když dojde k dosažení určité výšky hladiny v nádrži, sepne elektromotor hydrogenerátoru 11. V této nádrži jsou dva plovákové snímače. Jeden snímač je nastaven na hladinu H1 a druhý snímač, který je rezervní, kdyby došlo k poruše toho prvního, je nastaven v nádrži na hladinu H2. Hydrogenerátor přečerpá tolik množství oleje do hlavního agregátu, než plovákový spínač I vypne elektromotor po dosažení minimální hodnoty oleje v nádrži. Druhý plovákový snímač slouží k tomu, kdyby se porouchal plovákový snímač I, že po dosažení hladiny H2 dojde k zastavení centrálního mazacího systému a posléze sušící části papírenského stroje.

Tento agregát obsahuje stejně jako hlavní agregát topné těleso 10 s termostatem 7, plnicí otvor se vzduchovým filtrem, zpětný ventil 31, který plní takovou funkci, že zadržuje olej ve výtlačné větvi, když je hydrogenerátor vypnutý.

4. NÁVRH ÚPRAVY MAZACÍHO SYSTÉMU PŘI ZVÝŠENÝCH PROVOZNÍCH PARAMETRECH

Důvodem pro úpravu centrálního mazacího systému je navýšení produktivity výroby papírenského stroje a je tedy potřeba navrhnout systém tak, aby bylo mazání i po tomto navýšení dostačující.

4.1 Návrh progresivních rozdělovačů

Jak už bylo zmíněno, tak pro požadované zvýšení produktivity výroby je nutné vyšší mazání, a tím i tedy navýšení mazacích dávek, které souvisí s návrhem progresivních rozdělovačů. Za současného stavu se používají nadřazené progresivní rozdělovače typu VPX (tento typ rozdělovače již není ve výrobním programu, proto je v dalších návrzích nahrazen jiným) a podřazené progresivní rozdělovače typu VP (od těchto rozdělovačů bylo z cenových a termínových důvodů opuštěno).

Zadavatel požaduje trojnásobné zvýšení dávek maziva do mazaných míst. Následující návrhy rozdělovačů, a s tím související výpočty by měli tento požadavek splnit.

Ve výpočtech je uvažováno 100 zdvihů za minutu. Tato hodnota se bude měnit v závislosti na množství maziva přiváděného do rozdělovače. Kde maximální přípustný počet cyklů pro rozdělovače je 200 zdvihů za minutu, který udávají výrobci navrhovaných rozdělovačů.

Původní parametry mazacího systému:

Množství oleje do ložiska.....	0,08 $dm^3 \cdot min^{-1}$
Množství oleje do mezikola.....	0,02 $dm^3 \cdot min^{-1}$
Množství oleje do převodové skříně.....	0,16 $dm^3 \cdot min^{-1}$

Požadované parametry mazacího systému (trojnásobek původních parametrů):

Množství oleje do ložiska.....	0,24 $dm^3 \cdot min^{-1}$
Množství oleje do mezikola.....	0,06 $dm^3 \cdot min^{-1}$
Množství oleje do skříně.....	0,48 $dm^3 \cdot min^{-1}$

Tabulky udávající množství maziva na zdvih u každého typu segmentu, které jsou používány v centrálním mazacím systému:

Tabulka 4.1

primární rozdělovače typu VPX (Vogel)	
typové označení segmentu	množství maziva na zdvih
12S	1800 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]
16S	2400 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]
20S	2800 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]
25S	3600 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]

Tabulka 4.2

sekundární rozdělovače typu VP (Vogel)	
typové označení segmentu	množství maziva na zdvih
2T	200 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]
3T	300 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]
4S	800 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]
6S	1200 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]

Označení „T“ znamená „twin“ a jedná se o segmenty s dvěma vývody.

Označení „S“ znamená „single“ a jedná se tedy o segment s jedním vývodem.

Tabulky udávající množství maziva na zdvih u každého typu segmentu, které jsou navrhovány pro centrální mazací systém:

Tabulka 4.3

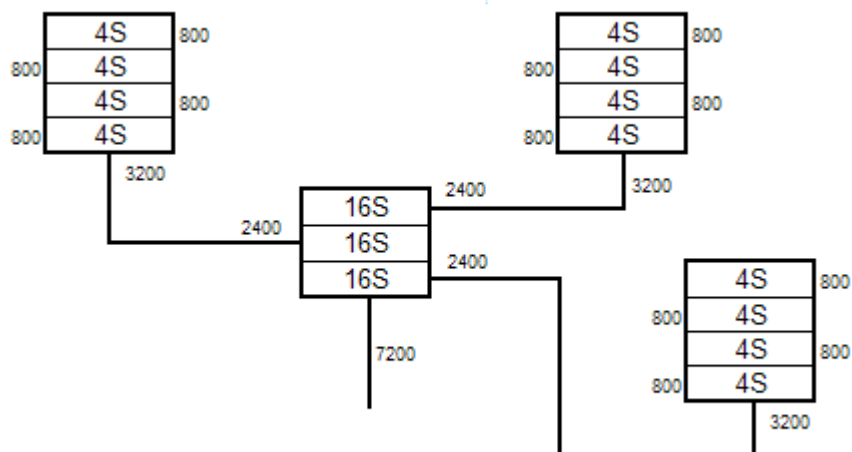
primární rozdělovače typu PSG3 (Vogel)	
typové označení segmentu	množství maziva na zdvih
2400	2400 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]
3200	3200 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]

Tabulka 4.4

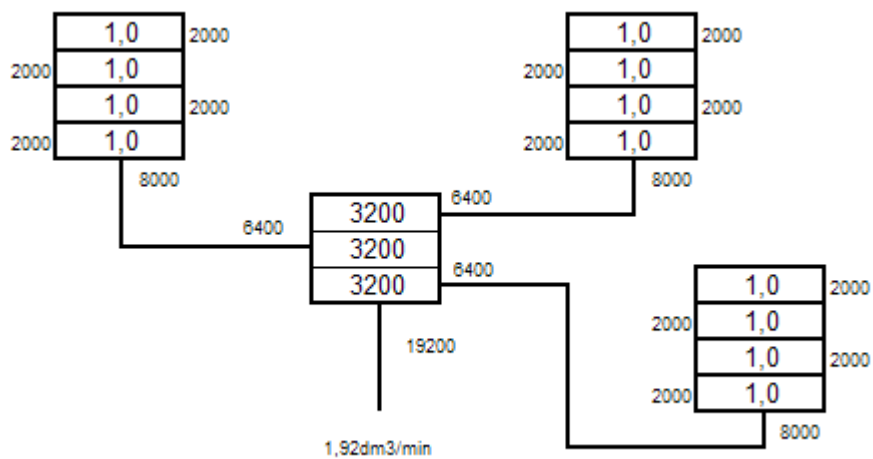
sekundární rozdělovače typu SSVD (Lincoln)	
typové označení segmentu	množství maziva na zdvih
SSVD 6	600 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]
SSVD 8	800 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]
SSVD 10	1000 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]
SSVD 14	1400 [mm ³ ·zdvih ⁻¹]

Následující obrázky znázorňují velikosti dávek maziva jak pro současný stav rozdělovačů, tak i pro navrhovaný stav. Hodnoty uvedené v obrázcích udávají velikost mazací dávky v $\text{mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$ pokud není uvedeno jinak.

Současný stav pro uzly 1a 2



Návrh pro uzly 1 a 2



Výpočty pro uzly 1 a 2

Množství maziva pro jeden vývod sekundárního rozdělovače je pro současný stav $800 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$. Po trojnásobném navýšení to je $2400 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$.

Volí se tedy nejvhodnější segment rozdělovače, který se bude co nejvíce přibližovat požadované hodnotě, a tj. segment s velikostí dávky $2000 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$. Takto se bude postupovat u všech segmentů rozdělovačů pro všechny uzly.

Množství maziva z jednoho sekundárního rozdělovače

$$Q_{1xR} = 4 \cdot 800 = 3200 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$$

Množství maziva ze tří sekundárních rozdělovačů

$$Q_{3xR} = 3 \cdot 3200 = 9600 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$$

Uvažujeme trojnásobné navýšení mazání a 100 zdvihů za minutu

$$Q_{3xM} = 3 \cdot 9600 = 28\,800 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1} = 2\,880\,000 \text{ mm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 2,88 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

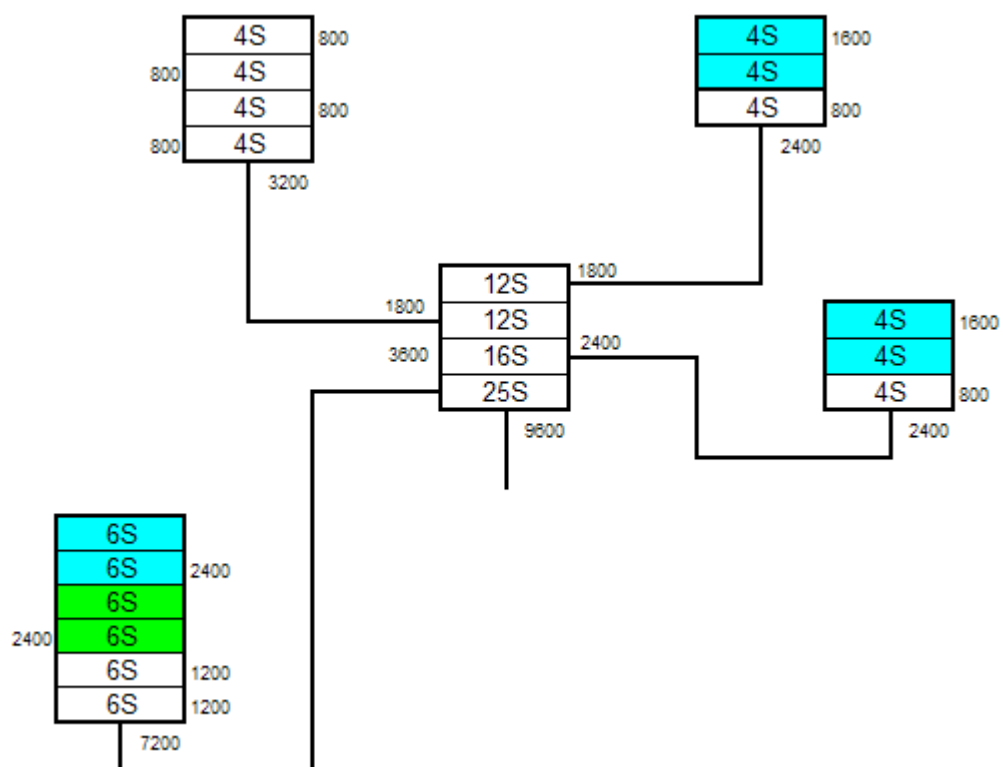
Pro trojnásobné navýšení maziva v mazaných místech je nutné, aby bylo do primárního rozdělovače přivedeno $2,88 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Množství maziva u navrhované verze, které vstupuje do primárního rozdělovače, by bylo po součtu $1,92 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ pro 100 zdvihů za minutu. Jelikož se bude do primárního rozdělovače přivádět $2,88 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ maziva, bude počet zdvihů vyšší.

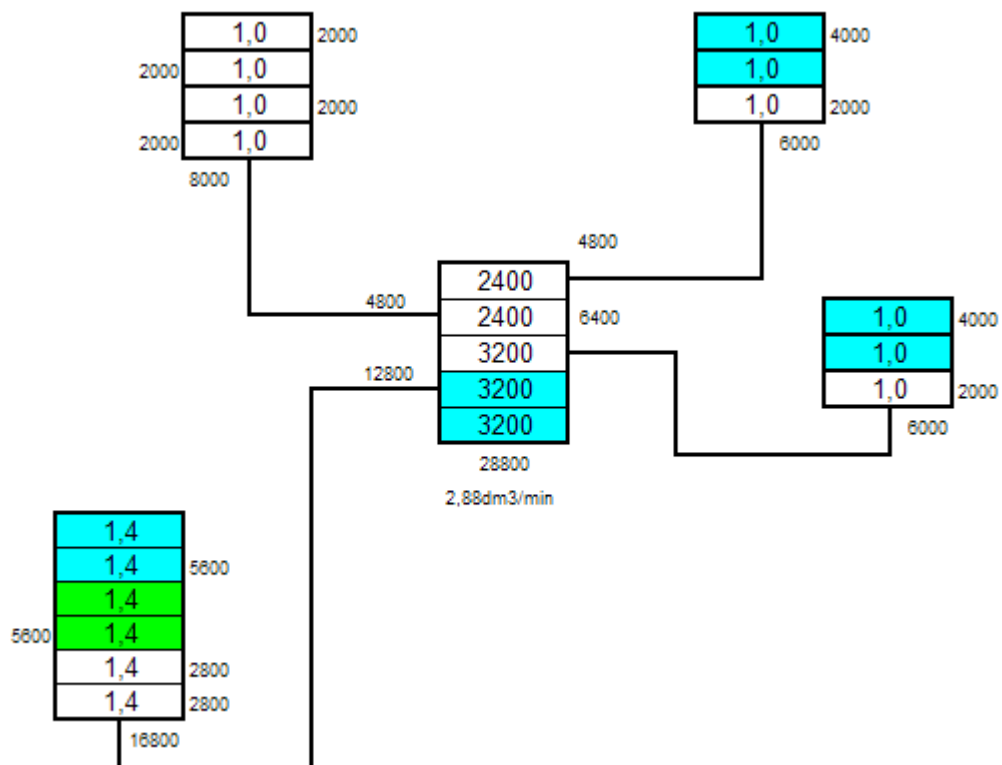
$$\text{Počet zdvihů} = \frac{2,88}{1,92} = 1,5 \Rightarrow 150 \text{ zdvihů} < 200 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Současný stav pro uzel 3

Barevné značení znázorňuje přemostění segmentů.



Návrh pro uzel 3



Výpočet pro uzel 3

Množství maziva ze všech sekundárních rozdělovačů

$$Q_R = 7200 + 2400 + 2400 + 3200 = 15200 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$$

Uvažujeme trojnásobné navýšení mazání

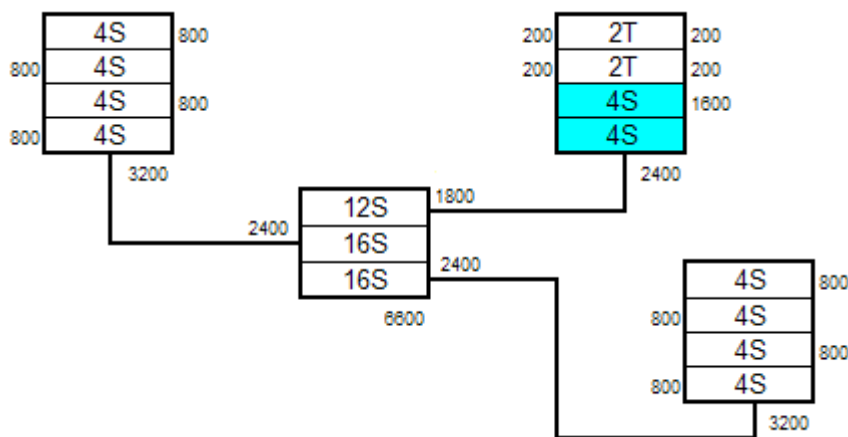
$$Q_{3xM} = 3 \cdot 15200 = 45\,600 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1} = 4\,560\,000 \text{ mm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 4,56 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Pro trojnásobné navýšení maziva v mazaných místech je nutné, aby bylo do primárního rozdělovače přivedeno $4,56 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

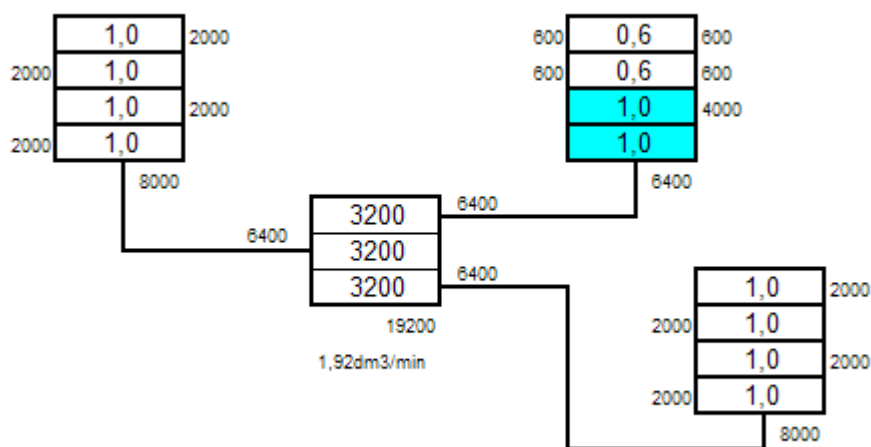
Množství maziva u navrhované verze, které vstupuje do primárního rozdělovače, by bylo po součtu $2,88 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ pro 100 zdvihů za minutu. Jelikož se bude do primárního rozdělovače přivádět $4,56 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ maziva, bude počet zdvihů vyšší.

$$\text{Počet cyklů} = \frac{4,56}{2,88} = 1,583 \Rightarrow 158,3 \text{ zdvihů} < 200 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Současný stav pro uzly 4 a 5



Návrh pro uzly 4 a 5



Výpočet pro uzly 4 a 5

Množství maziva ze všech sekundárních rozdělovačů

$$Q_R = 2400 + 3200 + 3200 = 8\,800 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$$

Uvažujeme trojnásobné navýšení mazání

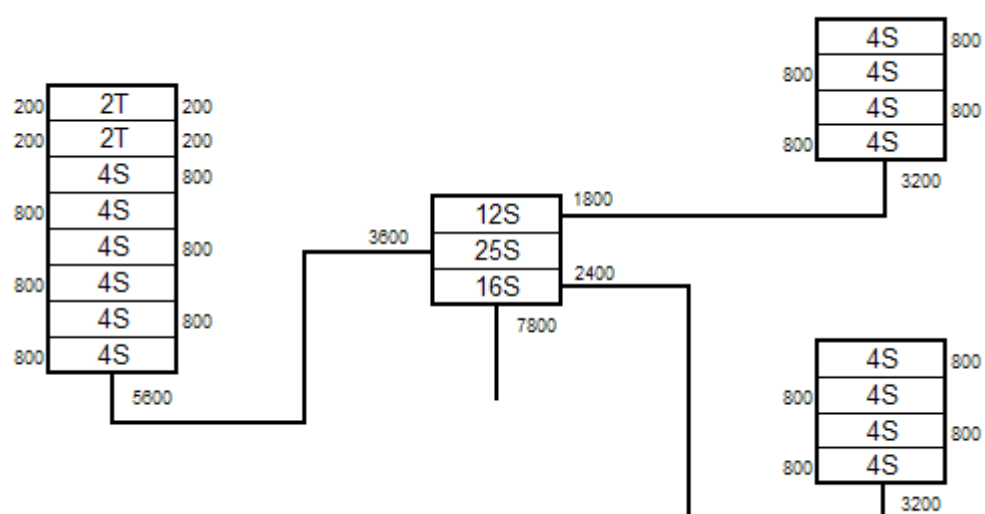
$$Q_{3xM} = 3 \cdot 8\,800 = 26\,400 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1} = 2\,640\,000 \text{ mm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 2,64 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Pro trojnásobné navýšení maziva v mazaných místech je nutné, aby bylo do primárního rozdělovače přivedeno $2,64 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

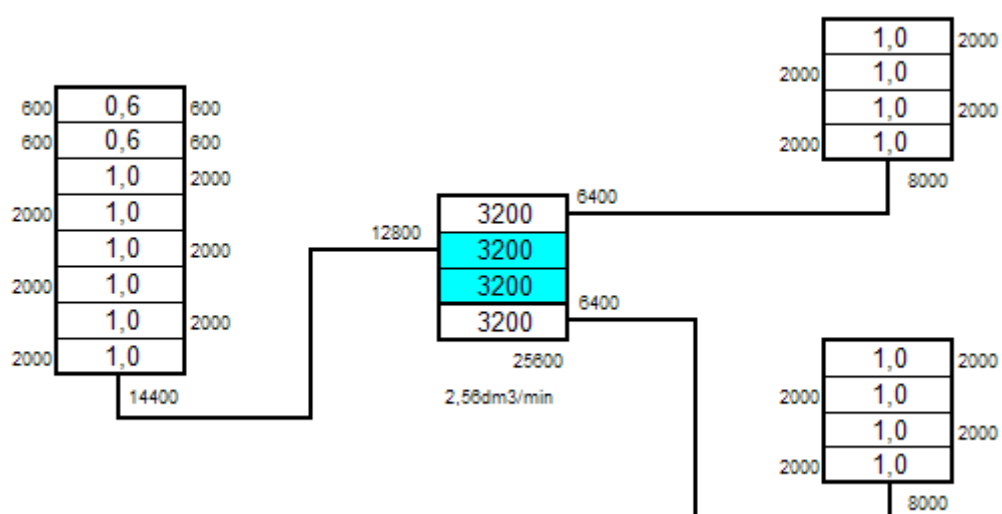
Množství maziva u navrhované verze, které vstupuje do primárního rozdělovače, by bylo po součtu $1,92 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ pro 100 zdvihů za minutu. Jelikož se bude do primárního rozdělovače přivádět $2,64 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ maziva, bude počet zdvihů vyšší.

$$\text{Počet cyklů} = \frac{2,64}{1,92} = 1,375 \Rightarrow 137,5 \text{ zdvihů} < 200 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Současný stav pro uzel 6



Návrh pro uzel 6



Výpočet pro uzel 6

Množství maziva ze všech sekundárních rozdělovačů

$$Q_R = 5600 + 3200 + 3200 = 12\,000 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$$

Uvažujeme trojnásobné navýšení mazání

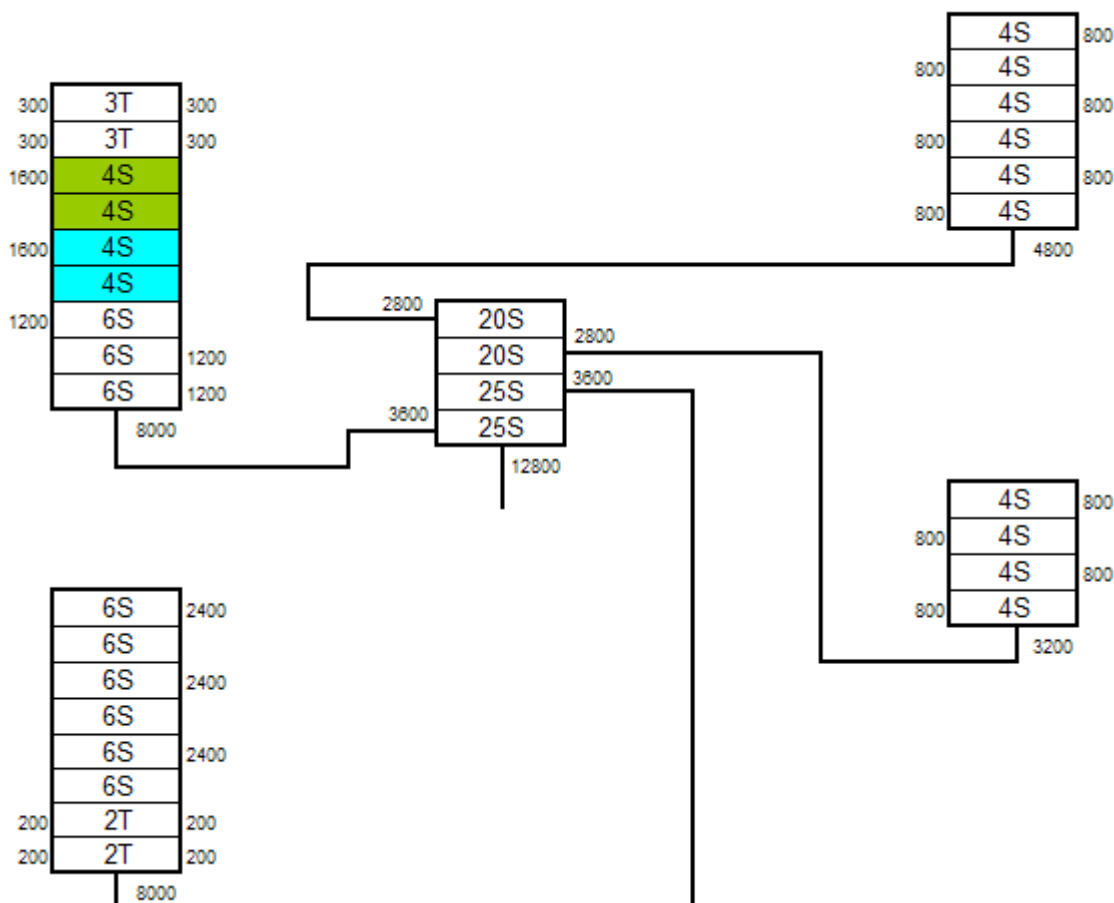
$$Q_{3xM} = 3 \cdot 12\,000 = 36\,000 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1} = 3\,600\,000 \text{ mm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 3,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Pro trojnásobné navýšení maziva v mazaných místech je nutné, aby bylo do primárního rozdělovače přivedeno $3,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

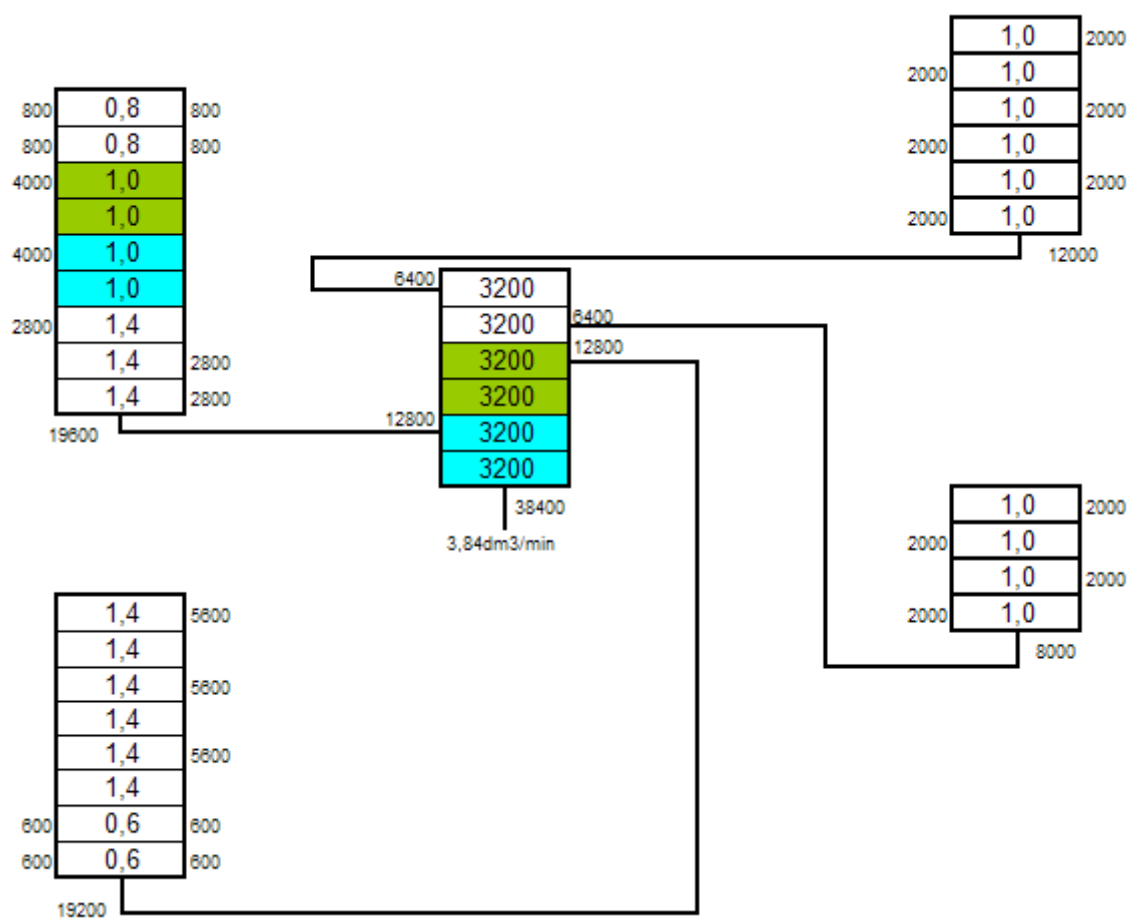
Množství maziva u navrhované verze, které vstupuje do primárního rozdělovače, by bylo po součtu $2,56 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ pro 100 zdvihů za minutu. Jelikož se bude do primárního rozdělovače přivádět $3,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ maziva, bude počet zdvihů vyšší.

$$\text{Počet cyklů} = \frac{3,6}{2,56} = 1,406 \Rightarrow 140,6 \text{ zdvihů} < 200 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Současný stav pro uzel 7



Návrh pro uzel 7



Výpočet pro uzel 7

Množství maziva ze všech sekundárních rozdělovačů

$$Q_R = 8000 + 8000 + 4800 + 3200 = 24\,000 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$$

Uvažujeme trojnásobné navýšení mazání

$$Q_{3xM} = 3 \cdot 24\,000 = 72\,000 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1} = 7\,200\,000 \text{ mm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 7,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Pro trojnásobné navýšení maziva v mazaných místech je nutné, aby bylo do primárního rozdělovače přivedeno $7,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Množství maziva u navrhované verze, které vstupuje do primárního rozdělovače, by bylo po součtu $3,84 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ pro 100 zdvihů za minutu. Jelikož se bude do primárního rozdělovače přivádět $7,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ maziva, bude počet zdvihů vyšší.

$$\text{Počet cyklů} = \frac{7,2}{3,84} = 1,875 \Rightarrow 187,5 \text{ zdvihů} < 200 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

U rozdělovačů PSG 3 je maximální vstupní množství maziva dáno výrobcem a to $6 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Jelikož při trojnásobném navýšení parametrů se dosáhne hodnoty $7,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, je nutné škrťícím ventilem, který se nachází před rozdělovačem snížit množství vstupujícího maziva do rozdělovače. Tímto nebude splněno požadovaného mazání, ale pro náročné úpravy, které by následovaly, je tato možnost zadavatelem přijata. Tento problém by se dal řešit zavedením osmého rozdělovače, který by částečně převzal mazání míst sedmého primárního rozdělovače. Následovaly by ovšem technické, složité a nákladné problémy se zavedením elektroniky tohoto osmého rozdělovače a rozvaděče samotného.

Potřebný průtok, který by měl dodávat hlavní hydrogenerátor rozdělovačům - jedná se o součet množství vstupující kapaliny do všech primárních rozdělovačů

$$Q_c = 2 \cdot 2,88 + 4,56 + 2 \cdot 2,64 + 3,6 + 6 = 25,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Na základě tohoto výsledného celkového průtoku volíme hydrogenerátor Vg 22,8 cm³, který nám dodá dostatečné množství ($29,55 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$) maziva do rozdělovačů. Hodnota v závorce nám udává množství maziva s pomocí 4 kW čtyřpólového elektromotoru.

4.2 Návrh elektromotorů pro mazací systém

Provozní tlaky, kterých je dosaženo v centrálním mazacím systému pro příslušné teploty oleje, jsou vyjádřeny v následující tabulce. Tyto hodnoty tlaku se zjistily měřením na tlakové větvi u hlavního agregátu na měřícím bodu (26,27) a na tlakových větvích u přečerpávacích agregátů v místech, kde se nachází měřící body, tzv. minimesky, na které se lze napojit manometrem. První přečerpávací agregát má 15 m potrubního rozvodu a druhý přečerpávací agregát má 40 m potrubního rozvodu do hlavního agregátu. Proto byl naměřen u prvního agregátu menší tlak než u druhého, který má tedy delší potrubní rozvody a tím samozřejmě větší odpory. Na základě těchto naměřených hodnot se volí elektromotory, které budou schopny s kombinací hydrogenerátorů těchto tlaků dosáhnout.

Tabulka 4.5

teplota oleje [°C]	výtlačná [bar]	1. přečerpávací - 15 m [bar]	2. přečerpávací - 40 m [bar]
62	25	24	26
42	55	28	30
32	73	32	35
31	80	33	36

V systému je použit čtyřpólový elektromotor (1420 min^{-1}) o výkonu 2,2 kW pro výtlačný hydrogenerátor a pro přečerpávací hydrogenerátory jsou použity dvoupólové elektromotory (2890 min^{-1}) o výkonu 3 kW. U všech agregátů jsou použity hydrogenerátory s geometrickým objemem $10,8 \text{ cm}^3$.

Následující výpočty jsou uvedeny jako ukázkové. Výsledky pro různé parametry hydrogenerátorů a elektromotorů jsou znázorněny v tabulkách.

Znázorněný výpočet pro hydrogenerátor $V_g 10,8 \text{ cm}^3$ (s použitím elektromotoru o výkonu 3 kW) – současný stav od roku 2006

Průtok s použitím dvoupólového elektromotoru

$$Q_{2P} = V_g \cdot n_{el} \cdot \eta_{hg} = 0,0108 \cdot 2890 \cdot 0,9 = 28,09 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 4,68 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Průtok s použitím čtyřpólového elektromotoru

$$Q_{4P} = V_g \cdot n_{el} \cdot \eta_{hg} = 0,0108 \cdot 1420 \cdot 0,9 = 13,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Výpočet tlaku s použitím dvoupólového elektromotoru

$$\Delta p = \frac{P \cdot \eta_{el}}{Q_{2P} \cdot 100\,000} = \frac{3000 \cdot 0,8}{4,68 \cdot 10^{-4} \cdot 100\,000} = 51,26 \text{ bar}$$

Výpočet tlaku s použitím čtyřpólového elektromotoru

$$\Delta p = \frac{P \cdot \eta_{el}}{Q_{4P} \cdot 100\,000} = \frac{3000 \cdot 0,8}{2,3 \cdot 10^{-4} \cdot 100\,000} = 104,33 \text{ bar}$$

Znázorněný výpočet pro hydrogenerátor Vg 22,8 cm³ – návrh

Tento hydrogenerátor byl zvolen po návrhu progresivních rozdělovačů z toho důvodu, že je schopen dodávat dostatečné množství maziva do těchto rozdělovačů. Pro tento hydrogenerátor byly navrženy 4 kW elektromotory na základě naměřených tlaků. Elektromotory o výkonu 2,2 kW; 3 kW jsou z tohoto hlediska nedostačující a elektromotory o výkonu 5,5 kW nebyly zvoleny z nedostatečného nadimenzování elektrorozvodů. Zvýšený odpor systému při nájezdu papírenského stroje po odstavení zde proto musí být řešen pojistným ventilem nastaveným na vypočtenou hodnotu.

Přesto nutno zdůraznit, že dle výpočtu by měl být pro jistotu navržen a použit elektromotor o výkonu 5,5 kW a elektromotory o výkonu 4 kW jsou tedy krajním řešením, které ověří až praxe při rozjezdu papírenského stroje, protože teoretická úvaha přepouštění přes pojistný ventil může způsobovat nemalé problémy. Proto zde je lépe obětovat delší prostoj při odstavení papírenského stroje a zvýšené náklady za účelem úprav elektroinstalace.

Tedy je znázorněn výpočet pro elektromotory o výkonu 4kW. Dvoupólový elektromotor (2905 min⁻¹) pro přečerpávací hydrogenerátor a čtyřpólový elektromotor (1440 min⁻¹) pro výtlačný hydrogenerátor.

Průtok s použitím dvoupólového elektromotoru

$$Q_{2P} = V_g \cdot n_{el} \cdot \eta_{hg} = 0,0228 \cdot 2905 \cdot 0,9 = 59,61 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 9,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Průtok s použitím čtyřpólového elektromotoru

$$Q_{4P} = V_g \cdot n_{el} \cdot \eta_{hg} = 0,0228 \cdot 1440 \cdot 0,9 = 29,55 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 4,92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Výpočet tlaku s použitím dvoupólového elektromotoru

$$\Delta p = \frac{P \cdot \eta_{el}}{Q_{2P} \cdot 100\,000} = \frac{4000 \cdot 0,8}{9,94 \cdot 10^{-4} \cdot 100\,000} = 32,21 \text{ bar}$$

Výpočet tlaku s použitím čtyřpólového elektromotoru

$$\Delta p = \frac{P \cdot \eta_{el}}{Q_{4P} \cdot 100\,000} = \frac{4000 \cdot 0,8}{4,92 \cdot 10^{-4} \cdot 100\,000} = 64,98 \text{ bar}$$

Účinnost pro elektromotor byla zvolena $\eta_{el} = 0,8$ a účinnost pro hydrogenerátor byla zvolena $\eta_{hg} = 0,9$.

Výsledky výpočtů znázorněny v tabulce i s dalšími objemovými velikostmi čerpadel.

Tabulka 4.6

hydrogenerátor	elektromotory 4 kW					
Vg [cm ³]	2 - pól Q [l·min ⁻¹]	4 -pól Q [l·min ⁻¹]	2 - pól Q [m ³ ·s ⁻¹]	4 -pól Q [m ³ ·s ⁻¹]	2 - pól p [bar]	4 -pól p [bar]
6	15,69	7,78	2,61E-04	1,30E-04	122,39	246,91
10,8	28,24	14,00	4,71E-04	2,33E-04	68,00	137,17
14,4	37,65	18,66	6,27E-04	3,11E-04	51,00	102,88
16,8	43,92	21,77	7,32E-04	3,63E-04	43,71	88,18
19,2	50,20	24,88	8,37E-04	4,15E-04	38,25	77,16
22,8	59,61	29,55	9,94E-04	4,92E-04	32,21	64,98
	přečerpávací	výtlačná	přečerpávací	výtlačná	přečerpávací	výtlačná

Tyto výpočty byly provedeny ještě pro 2,2 kW; 3 kW a 5,5 kW elektromotory, jejichž výsledky jsou uvedeny v tabulkách.

Tabulka určující počet otáček pro dvoupólové a čtyřpólové elektromotory daných výkonů

Tabulka 4.7

počet pólů	otáčky [min ⁻¹]		
	elektromotor 2,2 kW	elektromotor 5,5 kW	elektromotor 3kW
2 - pól	2880	2925	2890
4 - pól	1420	1455	1420

Výsledky pro 2,2 kW elektromotor znázorněny v následující tabulce

Tabulka 4.8

hydrogenerátor	elektromotor 2,2 kW		
Vg [cm ³]	4 -pól Q [l·min ⁻¹]	4 -pól Q [m ³ ·s ⁻¹]	4 -pól p [bar]
6	7,67	1,28E-04	137,72
10,8	13,80	2,30E-04	76,51
14,4	18,40	3,07E-04	57,38
16,8	21,47	3,58E-04	49,18
19,2	24,54	4,09E-04	43,04
22,8	29,14	4,86E-04	36,24
	výtlačná	výtlačná	výtlačná

Výsledky pro 3 kW elektromotor znázorněny v následující tabulce

Tabulka 4.9

hydrogenerátor	elektromotory 3 kW					
Vg [cm ³]	2 - pól Q [l·min ⁻¹]	4 -pól Q [l·min ⁻¹]	2 - pól Q [m ³ ·s ⁻¹]	4 -pól Q [m ³ ·s ⁻¹]	2 - pól p [bar]	4 -pól p [bar]
6	15,61	7,67	2,60E-04	1,28E-04	92,27	187,79
10,8	28,09	13,80	4,68E-04	2,30E-04	51,26	104,33
14,4	37,45	18,40	6,24E-04	3,07E-04	38,45	78,25
16,8	43,70	21,47	7,28E-04	3,58E-04	32,95	67,07
19,2	49,94	24,54	8,32E-04	4,09E-04	28,84	58,69
22,8	59,30	29,14	9,88E-04	4,86E-04	24,28	49,42
	přečerpávací	výtlačná	přečerpávací	výtlačná	přečerpávací	výtlačná

Výsledky pro 5,5 kW elektromotor znázorněny v následující tabulce

Tabulka 4.10

hydrogenerátor	elektromotory 5,5 kW					
Vg [ccm]	2 - pól Q [l·min ⁻¹]	4 -pól Q [l·min ⁻¹]	2 - pól Q [m ³ ·s ⁻¹]	4 -pól Q [m ³ ·s ⁻¹]	2 - pól p [bar]	4 -pól p [bar]
6	15,80	7,86	2,63E-04	1,31E-04	167,14	336,01
10,8	28,43	14,14	4,74E-04	2,36E-04	92,86	186,67
14,4	37,91	18,86	6,32E-04	3,14E-04	69,64	140,00
16,8	44,23	22,00	7,37E-04	3,67E-04	59,69	120,00
19,2	50,54	25,14	8,42E-04	4,19E-04	52,23	105,00
22,8	60,02	29,86	1,00E-03	4,98E-04	43,98	88,42
	přečerpávací	výtlačná	přečerpávací	výtlačná	přečerpávací	výtlačná

Pozn.: Výpočty byly provedeny v programu MS Excel, a tedy jsem uváděl do výsledků rovnic tyto přesnější hodnoty z Excelu. V postupech výpočtů jsou jen zaokrouhlené hodnoty. Proto se po provedení výpočtu dojde k jiným výsledným hodnotám, než jsou uvedeny v těchto výpočtech.

Technické informace ke zvoleným elektromotorům Siemens (čtyřpólový) 1LA7 113-4AA61, (dvoupólový) 1LA7 113-2AA61 [25].

Jedná se o trojfázové asynchronní elektromotory s kotvou nakrátko a s přírubovým provedením. Tyto elektromotory mají vlastní chlazení.

- Pro trvalé zatížení S1
- Pro teplotu okolí -30 až 40 °C
- Pro jmenovitá napětí 400V Δ / 690VY, 50 Hz / / 460V Δ , 60 Hz pro možnost spouštění přepínačem Y- Δ
- Zapojení těchto elektromotorů bude Δ /Y 400/690V 50 Hz

Synchronní otáčky se přímo úměrně mění v závislosti na síťovém kmitočtu. Motory jsou vhodné pro směr otáčení vpravo i vlevo. Při připojení U1, V1, W1 na L1, L2, L3 se motor otáčí vpravo při pohledu na hnací konec hřídele. Záměnou dvou fází se dosáhne opačného směru otáčení. Motory jsou normálně jištěny proti přetížení pomocí tepelné zpožděné ochrany.

5. ZÁVĚR

Tématem této bakalářské práce je uvedení způsobů mazání se zaměřením na centrální oběhový mazací systém s progresivními rozdělovači a to na konkrétním případě papírenského stroje.

Hlavním cílem této bakalářské práce byl popis a především návrh centrálního mazacího systému pro papírenský stroj ve firmě SMURFIT KAPPA MORAVA PAPER – závod Žimrovice. Zakázku této firmy řešila a v současné době i řeší firma PKS servis spol. s r.o. z Ostravy-Vítkovic, s jejíž spoluprací byla tato práce zhotovena.

Firma SMURFIT KAPPA MORAVA PAPER plánuje v nejbližší době navýšit produktivitu výroby papíru, a proto měla požadavek, aby se ztrojnásobilo množství maziva pro každé mazané místo.

Tento požadavek byl splněn u všech mazaných míst až na místa, která jsou mazána sedmým rozdělovačem. U tohoto rozdělovače vstupující množství maziva přesahovalo konstrukční možnosti tohoto rozdělovače. Řešením by mohlo být zavedení osmého rozdělovače, který by převzal část mazaných míst ze sedmého rozdělovače. Ale z náročných úprav, které by vedly zavedením osmého rozdělovače, bylo od této možnosti prozatím upuštěno z důvodů časové náročnosti potřebných změn. Proto je nutné vstupující množství maziva snížit na maximální dovolenou hodnotu škrtícím ventilem.

Na základě zvolených progresivních rozdělovačů byl navrhnut výtlačný hydrogenerátor o geometrickém objemu $22,8 \text{ cm}^3$, který je schopen dodat dostatečné množství maziva. Stejně hydrogenerátory byly navrženy pro přečerpávací agregáty. Pro tyto hydrogenerátory byly navrženy elektromotory o výkonech 4 kW. Pro přečerpávací hydrogenerátory byly navrženy dvoupólové elektromotory a pro výtlačný hydrogenerátor byl navrhnut elektromotor čtyřpólový.

V této práci jsou uváděny jednotky veličin, které se běžně používají v praxi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DVOŘÁK, A. *Větvené mazací systémy a jejich proudové poměry – tribologicko – hydraulické aspekty* [online]. [cit. 2009-10-10].
<http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=366>
- [2] LUCO. *Staufferovy maznice* [online]. [cit. 2010-3-12].
<<http://www.lukos.cz/cz/2-produkty/808-mazaci-technika/812-samocinne-maznice/860-staufferovy-maznice.html>>
- [3] ŠTÁVA, P., PAVLOK, B. *Mazací technika*. 1.vyd. Ostrava: VŠB–TU Ostrava. 2006. 76s. ISBN 80-248-1000-X
- [4] HENNLICH. *info_automaticke maznice* [online]. [cit. 2009-10-10].
< <http://hennlich.cz/obrazky.php?id=11378>>
- [5] ŠPONDŘ, P., DVOŘÁK, A. *Prvky a systémy mazací techniky, Tribotechnické informace 2-3/04*, s.30 – 32, ISSN 1212-0081
- [6] SKF. *Mazací systémy* [online]. [cit. 2009-10-12].
<http://www.skf.com/portal/skf_cz/home/products?contentId=259461&lang=cs>
- [7] LUBTEC. *Centrální mazací systémy – jednopotrubní systém* [online]. [cit. 2009-11-5].
<<http://www.lubtec.cz/dokumenty/LubTec-jednopotrubni-system-mazani.pdf>>
- [8] ŠPONDŘ, P., DVOŘÁK, A. *Jednopotrubní centrální mazací systémy* [online]. [cit. 2009-11-5].
<<http://www.spondrcms.cz/Aktuality/Jednopotrubni%20CMS.pdf>>
- [9] ŠPONDŘ, P., DVOŘÁK, A. *Dvoupotrubní centrální mazací systémy* [online]. [cit. 2009-11-5].
< <http://www.spondrcms.cz/Aktuality/Dvoupotrubni%20CMS.pdf>>
- [10] ŠPONDŘ CMS. *Vícepotrubní systém* [online]. [cit. 2009-11-5].
<<http://www.spondrcms.cz/kas/cms103.htm>>
- [11] LUBTEC. *Lubtec centrální mazací systémy* [online]. [cit. 2010-02-08].
<<http://www.dopag.cz/dokumenty/LubTec-progresivni-system-mazani-prumyslove-aplikace.pdf>>

- [12] HENNLICH. *Vícepotrubní a progresivní systémy* [online].
[cit. 2010-02-15].
<http://hennlich.cz/index.php?odkaz=http://194.228.84.90/data/tribotech/TRI_I_1_1.pdf&z=264>
- [13] ŠPONDŘ, P., DVOŘÁK, A. *Škrťící centrální mazací systém* [online]. [cit. 2010-03-05].
< <http://www.spondrcms.cz/Aktuality/SkrficiCMS.pdf>>
- [14] VOGEL. *Přehled výrobků pro průmyslové aplikace* [online].
[cit. 2010-04-05].
< http://www.zpv-brno.cz/download/ZLO/SKF_VOGEL.pdf >
- [15] G-TERM. *Progresivní rozdělovače SSVD* [online]. [cit. 2010-04-15].
<<http://g-term.com/obrazky.php?id=10390>>
- [16] ŠPONDŘ, P., DVOŘÁK, A. *Progresivní centrální mazací systém* [online].
[cit. 2010-03-25].
< <http://www.spondrcms.cz/Aktuality/Progresivni%20CMS.pdf>>
- [17] LUBSTAR. *Vysoce kvalitní vysokotlaké převodové oleje* [online].
[cit. 2010-03-12].
< <http://www.lubstar.info/cz/technicke-listy/Esso%20Spartan%20EP%20rada%20new.pdf> >
- [18] TEXACO PINNACLE. *Chevron Texaco Pinnacle* [online].
[cit. 2010-05-07].
<<http://www.matweb.com/search/datasheettext.aspx?matguid=8dad7cb0ccce434b9d1a07ff19a4b5ad> >
- [19] TEXACO. *Produkty a služby* [online]. [cit. 2010-05-07].
< <http://www.texaco.cz/page.php?pNum=2&sub=2>>
- [20] H&W PETROLEUM COMPANY. *Texaco pinnacle* [online].
[cit. 2010-05-07].
<http://www.hwpetro.com/_fileCabinet/TexacoData/Pinnacle.pdf>
- [21] VIVOIL. *Vivoil* [online]. [cit. 2010-05-08].
<http://www.vivoil.com/files/vivoil_p_en.pdf>
- [22] G-TERM. *Význam mazání* [online]. [cit. 2010-04-19]. <http://www.g-term.sk/index.php?odkaz=http://194.228.84.90/data/tribotech/TRI_I_1.pdf >
- [23] BEČKA, J. *Tribologie*. Vyd. ČVUT Praha. 1997. 212 s. ISBN 80-01-01621-8

- [24] ŠTĚPINA, V., VESELÝ, V. *Maziva a speciální oleje*. Vyd. Slovenská akadémia vied. 1980. 696 s.
- [25] SIEMENS. *Katalog elektromotorů* [online]. [cit. 2010-05-07].
< <http://www.elektromotory-siemens.cz/upload/File/katalog-elektromotoru-11a7-0605-k02-cz.pdf>>
- [26] HENNLICH. *Progresivní rozdělovače SSV a SSVM* [online].
[cit. 2010-04-17].
< <http://www.hennlich.cz/obrazky.php?id=10387>>
- [27] GROUP HES. *PSG 3 Segmented Distributor* [online]. [cit. 2010-03-10].
< http://www.grouphes.com/Lubemec/Vogel/dateien/us/pdf/izs_pdf/1-3011-US.pdf>
- [28] DVOŘÁK, L. *Vlastnosti tekutin* [online]. [cit. 2010-05-02]. VŠB – TU Ostrava.
< <http://www.338.vsb.cz/PDF/vlastnosti%20tekutin.pdf>>
- [29] WILL, D., GEBHARDT, N. *Hydraulik Grundlagen, Komponenten, Schaltungen*. 4. Vyd. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2008. 450s. ISBN 978-3-540-79534-6.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1 - Schéma centrálního oběhového mazacího systému s progresivními rozdělovači – jedná se o původní schéma. V současné době jsou rozdělovače v jiné podobě, a to v takové, jak jsou znázorněny v kapitole “4.1 Návrh progresivních rozdělovačů”.

Příloha č.2 - Schéma hlavního agregátu

Příloha č.3 - Schéma přečerpávacího agregátu